

УДК 69.05: 009

**С. Г. Абрамян^а, Н. А. Фоменко^а, О. В. Бурлаченко^а, О. В. Оганесян^б,
В. И. Карапузов^а**

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Московская дирекция железнодорожных вокзалов, Павелецкий вокзал — филиал ОАО «РЖД»*

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНОЙ СВАИ С УШИРЕНИЕМ

Статья посвящена проблеме усиления грунтов основания в зонах слабых грунтов буронабивными сваями с уширением. Актуальность выбранной темы подтверждается результатами анализа ряда отечественных и зарубежных научных публикаций. Рассматривается запатентованная ранее буронабивная свая с уширением, предлагаются некоторые изменения по технологическим решениям, призванные обеспечить более высокую технологичность выполнения и сокращение продолжительности производства работ. Эффективность применения предлагаемого уширителя выражается в возможности многократного его применения и уменьшения стоимости 1 м³ при последующем его использовании для устройства буронабивной сваи по предлагаемой технологии. Представлено конструктивное решение уширителя, приведена технологическая последовательность выполнения работ при устройстве сваи. Новизна заключается в новом техническом решении по конструированию уширителя, состоящего из режущего аппарата (к стойке шарнирно закреплены ножи) и толкателя, а также в возможности его применения для создания уширяемого пространства необходимого диаметра, что обеспечивается благодаря изменению положения ножей в зоне слабых грунтов.

Ключевые слова: обсадная труба, слабые грунты, уширитель, дополнительное армирование, вдавливание, монолитная труба.

Введение

Надежная эксплуатация зданий и сооружений во многом зависит от устойчивости системы «основание — фундамент». В связи с этим в настоящее время активно ведутся исследования, направленные на совершенствование существующих технологий упрочнения грунтов [1—3] и разработку композитных материалов [4—6], введение которых в грунты приводит к уменьшению их пористости. Подобные исследования важны, поскольку актуальны как при новом строительстве, так и при реконструкции уже возведенных объектов недвижимости.

Обзор используемых в настоящее время технологий упрочнения грунтов основания содержится в работах [7, 8]. В исследованиях [9—11] авторы обращают внимание на технологию упрочнения грунтов посредством буронабивных и буроинъекционных свай. Также на современном этапе широкое распространение при упрочнении грунтов оснований получили анкерные сваи и устройства. Их используют практически для всех строительных систем, имеющих самые различные конструктивные особенности и функциональное назначение. Так, в публикациях [12, 13] рассматривается проблемы не только технологии их устройства в различных условиях производства работ, но и применения современных цифровых технологий в целях обеспечения качества выполнения технологических процессов.

Известно, что выбор конкретной технологии или способа упрочнения грунтов оснований, в т. ч. различными видами свай, зависит от ряда факторов,

основными из которых являются инженерно-геологические условия и условия производства работ. В [14] авторы приводят некоторые характеристики грунтов оснований под строящиеся здания и сооружения, отмечая, что «в настоящее время строительство новых жилых зданий в Волгограде происходит в условиях существующей окружающей застройки, в связи с чем в основном используются буронабивные сваи диаметром 0,6...1,5 м и глубиной погружения 16...30 м». В статье обосновывается, что взамен традиционных буронабивных свай в слабых зонах грунтов эффективнее применять сваи, изготовленные по разрядно-импульсной технологии (РИТ), т. к. появляется возможность для расширения ствола сваи и уплотнения грунтов на большой глубине, даже с учетом трудности осуществления работ из-за характеристик грунта и стесненной местности. Для выявления основных преимуществ с точки зрения несущей способности проведен сравнительный анализ свай, изготовленных по РИТ, со сваями, устроенными по технологии Fundex. В статье [15] содержится обзор свай, изготовленных по данной технологии, и, в частности, отмечаются некоторые ее недостатки. Речь идет о том, что применение технологии Fundex не всегда возможно, в определенных ситуациях она может быть нецелесообразна или даже нести потенциальную опасность, в т. ч. если предполагается длительная эксплуатация возводимого объекта. Поэтому, прежде чем принять решение об использовании данной технологии, необходимо провести соответствующие инженерно-геологические изыскания и выполнить комплексный анализ градостроительных условий, в которых ведется строительство.

У свай-РИТ, как и у других видов свай, кроме достоинств (основное из которых — динамическое увеличение плотности окружающего сваю грунта с помощью подачи электрических разрядов импульсного тока высокого напряжения) есть определенные недостатки, например, трудности при работе с высоковольтной аппаратурой. В исследовании [16] отмечается, что на участке, где уже ведется строительство, невозможно установить первоначальное напряженно-деформированное состояние грунта, отследить его изменения, обусловленные влиянием разрядно-импульсной обработки, сопровождающей изготовление свай-РИТ, и проводить наблюдения за грунтовым массивом в зоне наиболее усиленного воздействия, а именно в зоне основания сваи.

Подчеркнем основные преимущества буронабивной сваи. Например, во многих публикациях, в т. ч. в [17], отмечается, что процесс изготовления и установки таких свай с технологической точки зрения достаточно несложен. Учитывая специфику производства буронабивных свай (бетонная смесь или какой-либо другой материал заливается в предварительно подготовленное для этого отверстие), следует сказать и о таком немаловажном преимуществе, как возможность изготавливать бетонное тело сваи неограниченной длины. Несомненным достоинством буронабивных свай, по сравнению с традиционными забивными сваями, является то, что в процессе устройства они испытывают лишь минимальное динамическое воздействие, что положительно сказывается на прочности. Кроме того, буронабивные сваи можно устанавливать непосредственно в процессе проведения реконструкционных работ, в т. ч. для усиления уже существующего свайного фундамента, что является еще одним ключевым преимуществом буронабивных свай.

В [17] делается акцент на том, что даже применение неизвлекаемых обсадных труб не следует рассматривать в качестве слабой стороны технологии устройства буронабивных свай. В частности, проведенные Г. Я. Булгаковым и А. Ю. Костюковой исследования показали, что указанная технология объединяет в себе достоинства металлических свай-оболочек и железобетонных свай, нивелируя при этом несовершенства каждой из них. Сформированная таким образом система приобретает конструкционную несущую способность, т. е. складывающуюся из несущей способности железобетона и стали, что особенно актуально в сейсмоопасных зонах.

Строительные технологии совершенствуются, разрабатываются новые организационно-технологические решения, обеспечивающие эффективность устройства различных видов свай, в т. ч. и буронабивных с уширением при возведении зданий различного функционального назначения [18, 19].

Целью данной работы является совершенствование технологии устройства буронабивной сваи с уширением.

Предметом исследования являются буронабивные сваи с уширением, предназначенные для повышения несущей способности свай в зонах слабых грунтов.

Материалы и методы

Основными методами исследования являются анализ и сопоставление существующих способов устройства буронабивных свай, рассмотренных в различных патентах и научных публикациях.

Технологические решения по устройству предлагаемой сваи (рис. 1) основаны на некоторых изменениях технологических решений ранее запатентованной авторами сваи [18]. Для образования скважины 1 используется обсадная труба 2 необходимого диаметра, секции которой наращиваются по мере разработки грунта. Доходя до нужной отметки зоны слабых грунтов (забои скважины), в освобожденную от грунта внутреннюю полость обсадной трубы 3 устанавливается устройство, предназначенное для уширения грунтов слабой зоны. Уширитель состоит из режущего аппарата, который представляет собой ножи 4, установленные на шарнирах 5 под углом α к оси стойки 6 режущего аппарата (рис. 1, а).

Затем постепенно извлекаются секции обсадной трубы. Когда нижняя секция доходит до верхнего уровня зоны слабых грунтов, в освобожденную от грунта внутреннюю полость обсадной трубы устанавливают уширитель и толкатель 7 (рис. 1, б), основное назначение последнего — привести в горизонтальное положение ножи 4 режущего аппарата, что обеспечивает необходимый диаметр уширения в зоне слабых грунтов 8 (рис. 1, в).

Далее стойка с режущим аппаратом и толкатель вынимаются из скважины (рис. 2, а). До бетонирования на дно скважины опускается опорная пластина 9 с выпуклой вверх поверхностью и арматурный каркас 10 круглого сечения с продольными 11 и поперечными 12 арматурными стержнями. На нижней части арматурного каркаса к нижнему хомуту дополнительно по его периметру равномерно распределены равные глубине H продольные стержни 13 арматурного каркаса 10 (рис. 2, б). При этом число арматурных стержней 13 превышает количество арматурных стержней 11, расположенных над нижним хомутом, на расчетную величину, обеспечивающую заданную прочность сваи в уширении 8 зоны слабых грунтов.

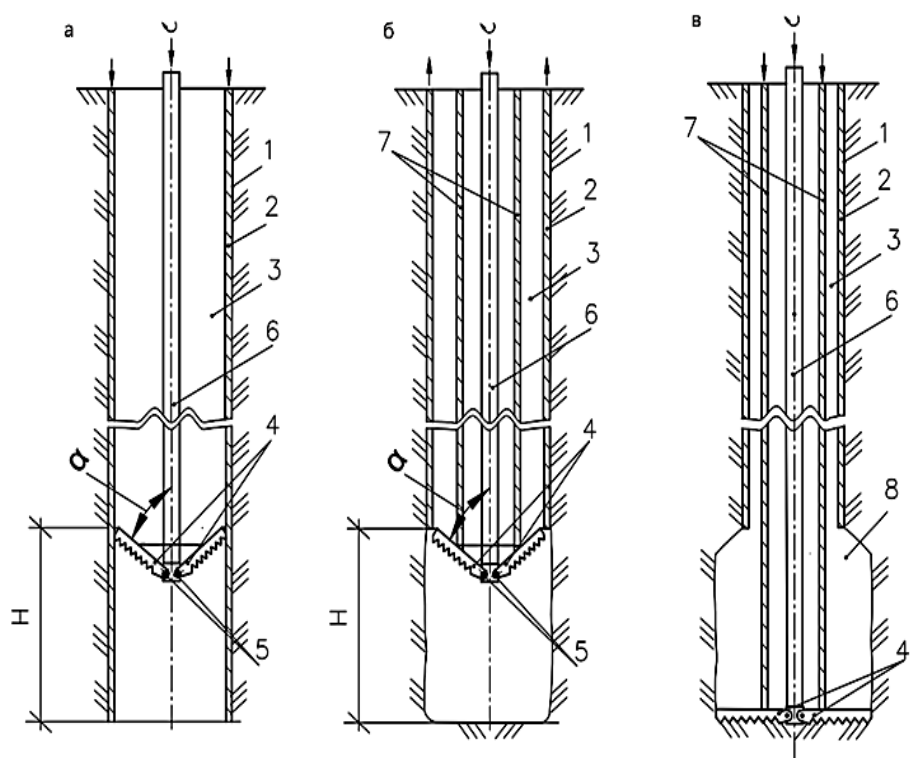


Рис. 1. Схема нахождения уширителя после разработки грунта в обсадной трубе и после извлечения одной (условной) секции: *а* — исходная позиция уширителя в обсадной трубе; *б* — расположение уширителя и толкателя после извлечения секции обсадной трубы в зоне уширения; *в* — схема горизонтального расположения ножей режущего аппарата в нижней части уширяемой зоны:

1 — контур скважины; 2 — обсадная труба; 3 — внутренняя полость обсадной трубы;
 4 — ножи режущего аппарата; 5 — шарнирное закрепление ножей 4;
 6 — стойка режущего аппарата; 7 — толкатель; 8 — зона слабых грунтов (уширяемая зона)

Перемещение нижних концов, а именно арматурных стержней 13, при погружении арматурного каркаса 10 к оси скважины 1 ограничивается выпуклой поверхностью опорной пластины 9. Чтобы арматурные стержни 13 приняли необходимое расположение в уширяемой зоне, сверху арматурного каркаса 10 устанавливается съемная пластина 14, которая играет роль опоры для нагружателя при вдавливании арматурного каркаса 10. После выполнения технологического процесса вдавливания арматурного каркаса пластина 14 удаляется.

Бетонирование буронабивной сваи с уширением производится по известной технологии вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Бетонолитная труба 15, состоящая из отдельных секций, представлена на рис. 2, *в*.

По мере бетонирования извлекаются отдельные секции как обсадной трубы 2, так и бетонолитной трубы 15 (рис. 3, *а* и *б*).

На рисунке 3, *в* представлена готовая буронабивная свая с уширением.

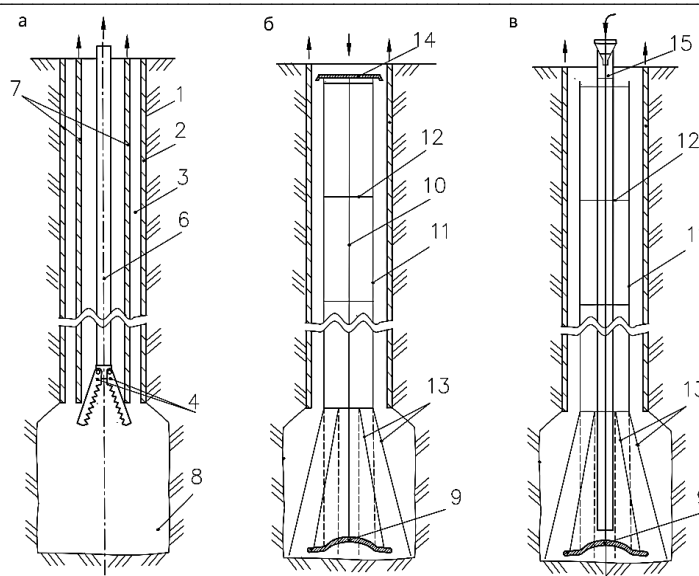


Рис. 2. Схемы извлечения уширителя (*а*), установки арматурного каркаса (*б*) и бетонолитной трубы (*в*): 1 — контур скважины; 2 — обсадная труба; 3 — внутренняя полость обсадной трубы; 4 — ножи режущего аппарата; 5 — шарнирное закрепление ножей; 6 — стойка режущего аппарата; 7 — толкатель; 8 — зона слабых грунтов (уширяемая зона); 9 — опорная пластина; 10 — арматурный каркас; 11 — продольные арматурные стержни; 12 — поперечные арматурные стержни (хомуты); 13 — дополнительные арматурные стержни в уширяемой зоне; 14 — съемная пластина; 15 — бетонолитная труба

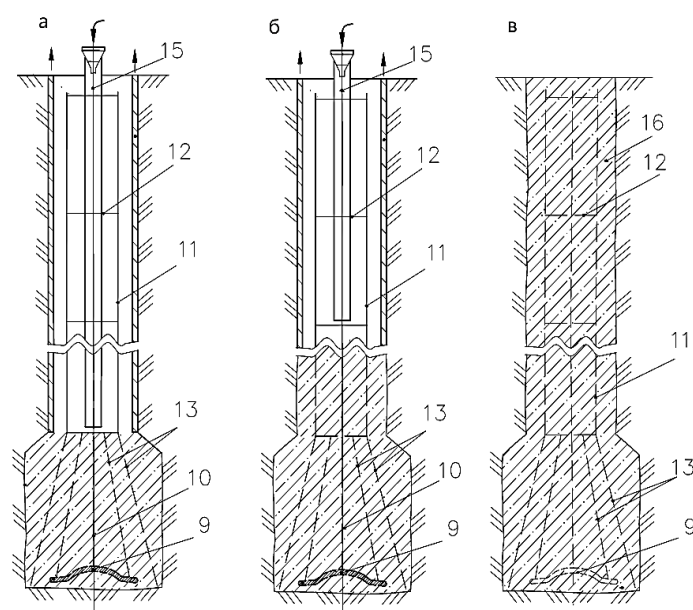


Рис. 3. Схемы бетонирования свай с постепенным извлечением секций обсадной и бетонолитной труб (*а, б*) и готовой свай с уширением (*в*): 9 — опорная пластина; 10 — арматурный каркас; 11 — продольные арматурные стержни; 12 — поперечные арматурные стержни (хомуты); 13 — дополнительные арматурные стержни в уширяемой зоне; 15 — бетонолитная труба; 16 — готовая свая

Результаты и обсуждения

Предлагаемая технология устройства буронабивной сваи по сравнению с запатентованной свайей [20] имеет незначительные изменения, касающиеся технологии производства работ. В частности, разработка грунта в скважине сваи с применением обсадной трубы соответствует технологии, ранее рассмотренной авторами в публикации [11], т. е. используется буровая установка, грунт разрабатывается и извлекается ковшебуром. В отличие от патента [20], где обсадная труба погружается до уровня начала зоны слабых грунтов, в [11] разработка и извлечение разработанного грунта в обсадной трубе выполняются по всей высоте буронабивной сваи, что позволяет сократить продолжительность выполнения работ.

Уширение в зонах слабых грунтов производится многократно используемым уширителем, который приводится в действие в зоне слабых грунтов с помощью толкателя (т. е. вдавливанием). Многократное использование уширителя позволяет снизить стоимость изготовления последующих свай по предлагаемой технологии.

Заключение

Анализ научных публикаций и опыт применения буронабивных свай с уширением как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий и сооружений показывают, что подобные сваи являются одними из наиболее распространенных и эффективных при упрочнении грунтов оснований в зонах слабых грунтов.

Представленные в данной работе конструктивные и технологические решения устройства сваи позволяют применять высокопроизводительные машины и оборудование для бурения и бетонирования скважины, обеспечивая экономическую эффективность выполнения работ.

Новизна заключается в новом техническом решении по конструированию уширителя, состоящего из режущего аппарата, к стойке которого шарнирно закреплены ножи, и толкателя, а также в возможности его применения для создания уширяемого пространства необходимого диаметра посредством изменения положения ножей в зоне слабых грунтов. Предлагаемые технологические решения позволяют повысить несущую способность буронабивной сваи путем дополнительного армирования в нижней части арматурного каркаса.

Повышение несущей способности и прочности буронабивной сваи с уширением в зонах слабых грунтов повышает эксплуатационную надежность зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дзагов А. М., Кутайкин В. А., Чернов Р. И. О влиянии качества зачистки уширения скважины на несущую способность буронабивной сваи // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2016. № 4. С. 31—36.
2. Stashevskaya N. A., Koroteev D. D., Kharun M. The Technology Development of the Widened Base Formation for Bored Piles // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2018. Vol. 10. Iss. 3S. Pp. 606—614.
3. Paronko A., Samokhvalov M., Ashikhmin O., Gejdt V. The results of strengthening the foundation with a bored pile with an enlarged pile base // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 371. DOI: 10.1051/e3sconf/202337102009.
4. Каменчуков А. В., Николаева Г. О. Применение укрепленных грунтов в основании дорожных одежд автомобильных дорог, расположенных в I дорожно-климатической зоне //

Инженерный вестник Дона. 2024. № 6. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_89_5y24_Kamenchukov_Nikolaeva.pdf_1f0b6424d9.pdf.

5. Еременко Е. С., Галич Н. Н., Кузьмин Д. А., Мелентьев А. С. Армирование насыпей внутрипромысловых автомобильных дорог на слабом основании как решение по снижению величины осадки земляного полотна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 4. С. 107—113.

6. Zhang J. B., Lu W. P., Zhang X. J., Nie S. L. Study on the structural design of axial plunger type chemical grouting pump with high pressure and large flow // The 2015 International Conference on Design, Manufacturing and Mechatronics. 2015. Adv. Sci. Technol & Ind. Res. Ctr., Wuhan, PEOPLES R CHINA. DOI: 10.1142/9789814730518_0012.

7. Игошева Л. А., Гришина А. С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 2. С. 5—21. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.2.01.

8. Квитко А. В. Исследование напряженно-деформированного состояния системы «свая — грунт»: монография. СПб.: СПбГАСУ, 2019. 248 с.

9. Технологии усиления грунтов оснований строительных систем буронабивными и буроналивными сваями: обзор патентной информации / С. Г. Абрамян, Н. В. Черешнева, О. В. Оганесян, В. В. Быков, Р. О. Петросян, Л. И. Черешнев, И. М. Мирсалоу // Вестник Евразийской науки. 2023. Т. 15. № 6. URL: <https://esj.today/PDF/18SAVN623.pdf>.

10. Abramyan S. G., Simakov V. S., Oganessian O. V. Soil Stabilizing with Drilled-In Piles for Building Foundations in Reconstruction Projects // Proceedings of the 8th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2025. Pp. 592—601. DOI: 10.1007/978-3-031-80482-3_56.

11. Абрамян С. Г., Фоменко Н. А., Оганесян О. В. Совершенствование технологии устройства буронабивной свай с уширителем // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14. № 4. С. 102—107.

12. Technological solutions ensuring reliable operation of steel vertical reservoirs in seismic areas / S. G. Abramyan, O. V. Burlachenko, O. V. Oganessian, A. O. Burlachenko, I. B. Archakov, V. V. Pleshakov // Construction Materials and Products. 2022. Vol. 5. Iss. 5. Pp. 5—16. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-5-5-16.

13. Application and comparative analysis of Intelligent Monitoring Technology for Grouted Pile Construction based on abaqus / R. Wu, Y. Jiang, S. Zhao, M. Chen, S. Shang, X. Lang. // Sci. Rep. 2024. Vol. 14. Iss. 1. Art. 9253. DOI: 10.1038/s41598-024-59653-9.

14. Харин Ю. И., Махова С. И. Оптимальные варианты применения свайных фундаментов в Волгограде // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 2(95). С. 45—53. DOI: 10.35211/18154360_2024_2_45.

15. Мангушев Р. А. Буронабивные сваи «Фундекс»: достоинства и недостатки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 264—271.

16. Тер-Мартirosян З. Г., Еремин В. Я., Буданов А. А. О повышении несущей способности свай, изготавливаемых по разрядно-импульсной технологии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 1(60). С. 60—62.

17. Колосова Н. Б., Поваляев И. И., Ринейская А. А. Эффективность свайных технологий в зоне сейсмической активности // Alfabuild. 2018. Вып. 5(7). С. 16—25.

18. Feng Y. Q., Lu Zh. Application and Discussion of Pressure Grouting Technology in Bored Piles // Applied Mechanics and Materials. 2013. Vol. 351-352. Pp. 487—491. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.351-352.487.

19. Salnyi I., Stepanov M., Karaulov A. Experience in strengthening foundations and foundations on technogenic soils // E3S Web of Conferences. 2022. Vol. 363. Art. 02004. DOI: 10.1051/e3sconf/202236302004.

20. Фоменко Н. А., Абрамян С. Г., Оганесян О. В., Фоменко В. Н. Буронабивная свая с уширением. Патент 2824059 Российская Федерация. МПК E02D 5/34 (2006.01). 2023134520, 22.12.2023. Опубликовано 01.08.2024 Бюл. № 22.

© Абрамян С. Г., Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Оганесян О. В., Карапузов В. И., 2025

Поступила в редакцию
20.03.2025

Ссылка для цитирования:

Технология устройства буронабивной сваи с уширением / С. Г. Абрамян, **Н. А. Фоменко**, О. В. Бурлаченко, О. В. Оганесян, В. И. Карапузов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 6—14. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_6.

Об авторах:

Абрамян Сусанна Грантовна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; susannagrانت@mail.ru

Фоменко Николай Александрович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Бурлаченко Олег Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; burlachenkoov@vgasu.ru

Оганесян Оганес Валерьевич — главный инженер, исследователь, Павелецкий вокзал, дирекция железнодорожных вокзалов — филиал ОАО «РЖД». Российская Федерация, 115054, г. Москва, Павелецкая пл., 1а; ogoganesyan@mail.ru

Карапузов Владислав Игоревич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; vladislovekrpz@yandex.ru

**Susanna G. Abramyan^a, **Nikolay A. Fomenko^a, Oleg V. Burlachenko^a,
Oganes V. Oganessian^b, Vladislav I. Karapuzov^a****

^a **Volgograd State Technical University**

^b **Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of OAO RZhD (Russian Railways)**

THE BORING PILE DEVICE TECHNOLOGY WITH WIDENING

The article is devoted to the problem of strengthening the foundation soils in areas of weak soils with borehole piles with broadening. The relevance of the chosen topic is confirmed by the results of an analysis of a number of domestic and foreign scientific publications. A previously sealed drilling pile with an extension is considered, and some changes in technological solutions are proposed, designed to ensure higher manufacturability of work and reduce the duration of work. The effectiveness of the proposed widener is expressed in the possibility of its repeated use and reduction of the cost of 1 m³ during its subsequent use for the installation of a drilling pile using the proposed technology. The design solution of the widener is presented, and the technological sequence of work performed during the pile construction is shown. The novelty lies in a new technical solution for designing an expander consisting of a cutting device (knives are pivotally fixed to the rack) and a pusher, as well as the possibility of its use to create an expandable space of the required diameter, which is ensured by changing the position of the knives in the zone of weak soils.

Key words: casing pipe, soft soils, expander, additional reinforcement, pressing, concrete pipe.

For citation:

Abramyan S. G., **Fomenko N. A.**, Burlachenko O. V., Oganessian O. V., Karapuzov V. I. [The boring pile device technology with widening]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 2, pp. 6—14. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_6.

About authors:

Susanna G. Abramyan — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; susannagrants@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3938-1096; Scopus: 6508040964, Researcher ID: C-7099-2016

Nikolay A. Fomenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Oleg V. Burlachenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; burlachenkoov@vgasu.ru; ORCID: 0000-0003-1477-2709

Oganes V. Oganesyan — Chief engineer, researcher, Paveletsky Station, Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of OAO RZhD (Russian Railways). 1a, Paveletskaya sq., Moscow, 115054, Russian Federation; ogoganesyan@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2050-2302

Vladislav I. Karapuzov — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; vladislovekrpz@yandex.ru